

## **Primer Congreso Internacional de Hidroclimatología**

**Cochabamba Bolivia Sud America**

# **BRAZO AÑA CUÁ: ENFOQUE ECOHIDROLÓGICO PARA DEFINIR EL RÉGIMEN DE CAUDALES**

## **TEMA 2. CAUDALES ECOLÓGICOS Y AMBIENTALES**

Cecilia LUCINO, Sergio LISCIA, Mercedes DEL BLANCO, Mauricio ANGULO, Roberto AMARILLA

*Laboratorio de Hidromecánica – Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina  
Centro de Estudio para la Energía y el Desarrollo– Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Argentina  
Entidad Binacional de Yacyretá. Republica Argentina – Republica de Paraguay  
[clucino@ing.unlp.edu.ar](mailto:clucino@ing.unlp.edu.ar), [soliscia@ing.unlp.edu.ar](mailto:soliscia@ing.unlp.edu.ar), [mercedes.delblanco@ing.unlp.edu.ar](mailto:mercedes.delblanco@ing.unlp.edu.ar),  
[mauricio.angulo@ing.unlp.edu.ar](mailto:mauricio.angulo@ing.unlp.edu.ar)*

### **RESUMEN**

La necesidad de crear nuevas fuentes de energía para hacer frente a la crisis energética en nuestro país se contraponen con los impactos ecológicos producidos por la intervención del hombre en los medios naturales. En particular, en los aprovechamientos hidroeléctricos, estos impactos pueden conducir a la pérdida de biodiversidad, y por otra parte, puede afectar actividades económicas, como la pesca comercial y el turismo. También puede afectar servicios ambientales como, la provisión de agua potable y la deposición de descargas cloacales. En la actualidad, es necesario un nuevo enfoque, en donde no es suficiente proteger los ecosistemas, sino que también es necesario incrementar la capacidad de estos para absorber los impactos producidos por la intervención humana. En los nuevos emprendimientos, ello puede plantearse desde una etapa temprana, es decir en la concepción del proyecto, pero en aquellas obras ya construidas y operativas, implicará la modificación de las normas de manejo de caudales para considerar las demandas ambientales. Dicha modificación del régimen de caudales a erogar requiere de un estudio que alcance una solución de compromiso entre intereses contrapuestos como son los aspectos ambientales, sociales y económicos. El presente trabajo aborda la problemática de un aprovechamiento energético actualmente en operación, donde algunos aspectos ambientales no fueron tenidos en cuenta desde su concepción y por ende requirió de una modificación en las normas de manejo de caudales de todo el complejo. El objetivo del régimen de caudales a erogar, propuesto, es conservar la integridad ecológica de un tramo de río y compatibilizar dicha demanda ambiental con la producción energética de la central hidroeléctrica.

### **1.- DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

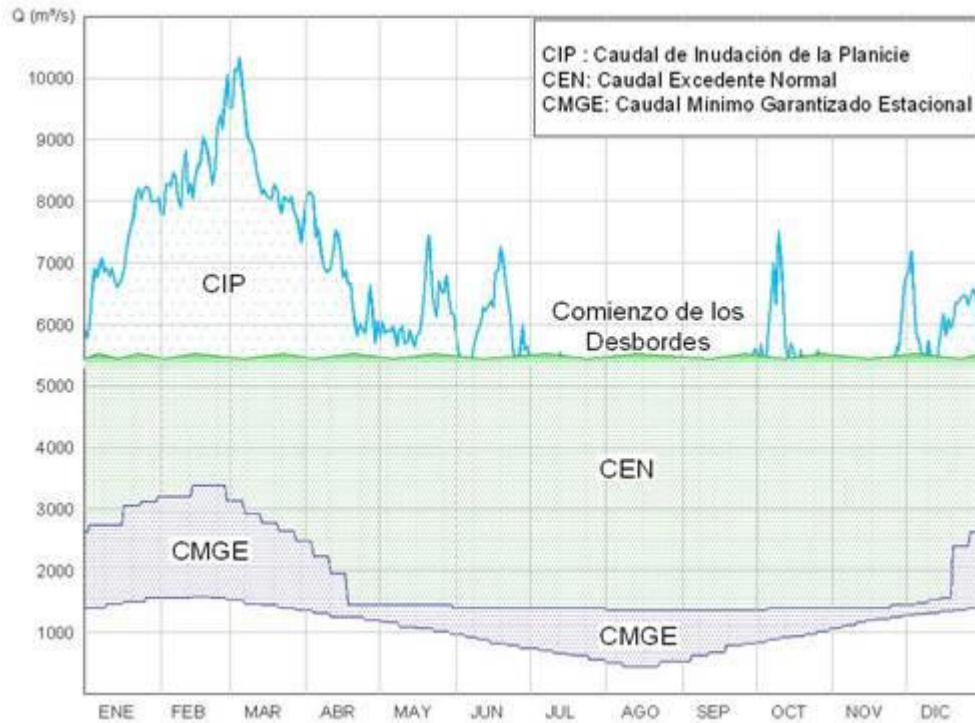
El estudio que dio lugar a este trabajo se ha realizado en el marco del asesoramiento que las Universidades Nacionales de La Plata (UNLP) y Misiones (UNAM) llevan a cabo para la Entidad Binacional Yacyretá, de las Repúblicas Argentina y Paraguay. El Laboratorio de Hidromecánica de la Facultad de Ingeniería (UNLP) y el Centro de Estudio para la Energía y el Desarrollo (UNAM), son las unidades ejecutoras de un proyecto que tiene como objetivo la ampliación del parque de generación de la Central Hidroeléctrica existente y contempla otros aspectos referidos al equipamiento hidromecánico existente.

La represa hidroeléctrica Yacyretá, emplazada en el río Paraná, presenta la particularidad de tener dos de sus brazos naturales como canales de restitución: el brazo Principal (BP) donde descargan los caudales de las veinte turbinas y del vertedero principal, y el brazo Aña Cuá (BAC), receptor de los caudales, que son motivo del estudio que se describe en este trabajo,

erogados a través del vertedero secundario. En el BP además de la central y del vertedero principal se alojan dos ascensores de peces y una esclusa de navegación.

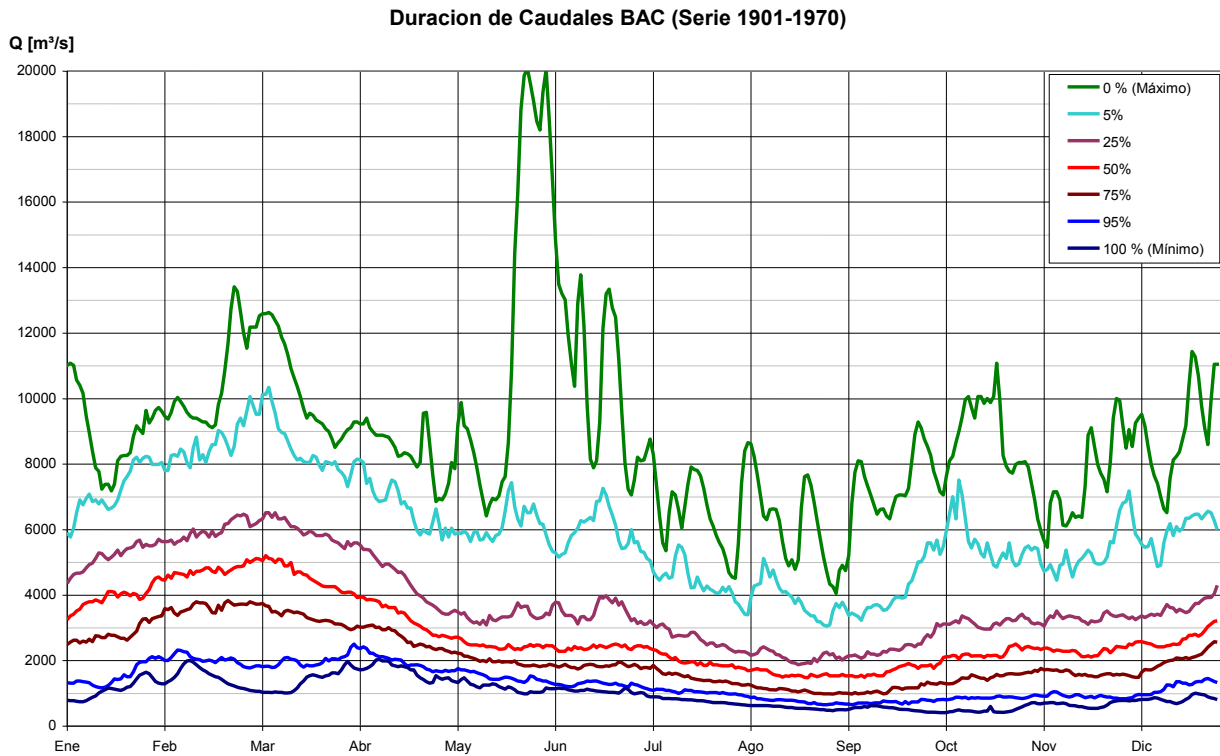
El problema que se plantea en este caso es que si se propone la premisa de producir la mayor energía anual disponible, el BAC quedaría frecuentemente sin aporte de caudal, inhabilitando la continuidad funcional de los procesos ecológicos del medio acuático y afectando también la vinculación río – planicie por la alternancia de estos períodos secos. Esto tiene su correlato en el medio social y productivo de la zona, cuyos pobladores utilizan al BAC como proveedor de bienes (especialmente la pesca y actividades derivadas) y servicios (agua potable descarga de efluentes, recepción de tributarios portadores de sustancias contaminantes, etc.). Es decir, el secado temporario del BAC maximiza la función energética, que es un “bien” producido al permitir que se obtenga más energía sustrayendo caudal al brazo, pero lleva a condiciones inaceptables de integridad ambiental al área afectada.

El enfoque ecohidrológico propuesto para definir una modalidad de erogación de los caudales por el BAC, básicamente consiste en tener en cuenta el significado ecológico de los atributos descriptivos del régimen natural de caudales en este sitio particular al diseñar el manejo de los caudales a erogar por el vertedero. La definición del régimen de caudales se sustenta en recuperar la estacionalidad, la variabilidad interanual y la periodicidad de diversos tipos de caudales, cada uno de los cuales tiene una función en el resguardo de la integridad ambiental del sistema, dada no sólo por el valor del caudal sino por el momento en que se da su ocurrencia: los caudales de subsistencia, los de base, los pulsos de crecidas de baja recurrencia y los caudales de desborde. Según estas características y atendiendo al significado energético que tienen para el BP, los caudales fueron diferenciados en distintos tipos: Caudal Mínimo Garantizado Estacional (CMGE) donde se armonizan los intereses ecológicos y energéticos, Excedentes Normales (CEN) y de Inundación de Planicie (CIP). Éstos pueden verse en el gráfico N° 1.



*Gráfico Nº 1*

La consigna de manejo propuesta acompaña la variabilidad natural del régimen hidrológico, básicamente desde el punto de vista de la estacionalidad, variación interanual y recurrencia de ciertos caudales, recuperada a partir de la reproducción de la serie histórica de aproximadamente 100 años de datos. La serie mencionada fue procesada para obtener la curva de duración de caudales, los valores diarios medios, y los valores de caudales con duraciones características de 0%, 5%, 25%, 50%, 75%, 95% y 100%. Estos resultados pueden visualizarse en el Gráfico Nº 2 siguiente.



*Grafico Nº 2*

En este trabajo se propone una metodología de selección del CMGE, en un período o día determinado, que compatibiliza los aspectos energéticos con los ambientales, logrando el mayor aprovechamiento posible (menor lucro cesante) de la capacidad instalada de la Central Hidroeléctrica Yacyretá por derivación de caudales del BAC hacia el BP compatible con el sostenimiento de condiciones aceptables de integridad ambiental en el sistema.

Cabe mencionar que el río Paraná ha sido poco estudiado desde el punto de vista de la relación entre el régimen hidrológico y los procesos ecológicos ligados al mismo, aunque hay antecedentes de estudios en algunas regiones que sirven como guía para predecir algunos efectos del manejo. Los estudios más detallados que se disponen para este estudio son los conducidos por Neiff, J. (1991) llevados a cabo en un tramo ubicado aguas abajo de la confluencia con el río Paraguay, que por sus características dificulta la comparación con la zona en estudio. Por este motivo se ha planteado un criterio de manejo adaptativo, que se apoye en el monitoreo y análisis de aspectos clave para evaluar los efectos del manejo propuesto en el medio acuático, en la planicie aluvial y en las áreas pobladas adyacentes al BAC.

Finalmente, en cuanto la energía adicional generada, el trabajo demuestra que la modalidad de manejo propuesta, es favorable desde el punto de vista energético en comparación con la erogación del caudal mínimo “ecológico”. Esta ventaja es tanto cuantitativa, al conseguirse una mayor energía anual generada, como cualitativa, al ponerse a disposición la mayor generación en un período de demanda pico y de menor oferta de energía no renovable. En el Grafico Nº 3

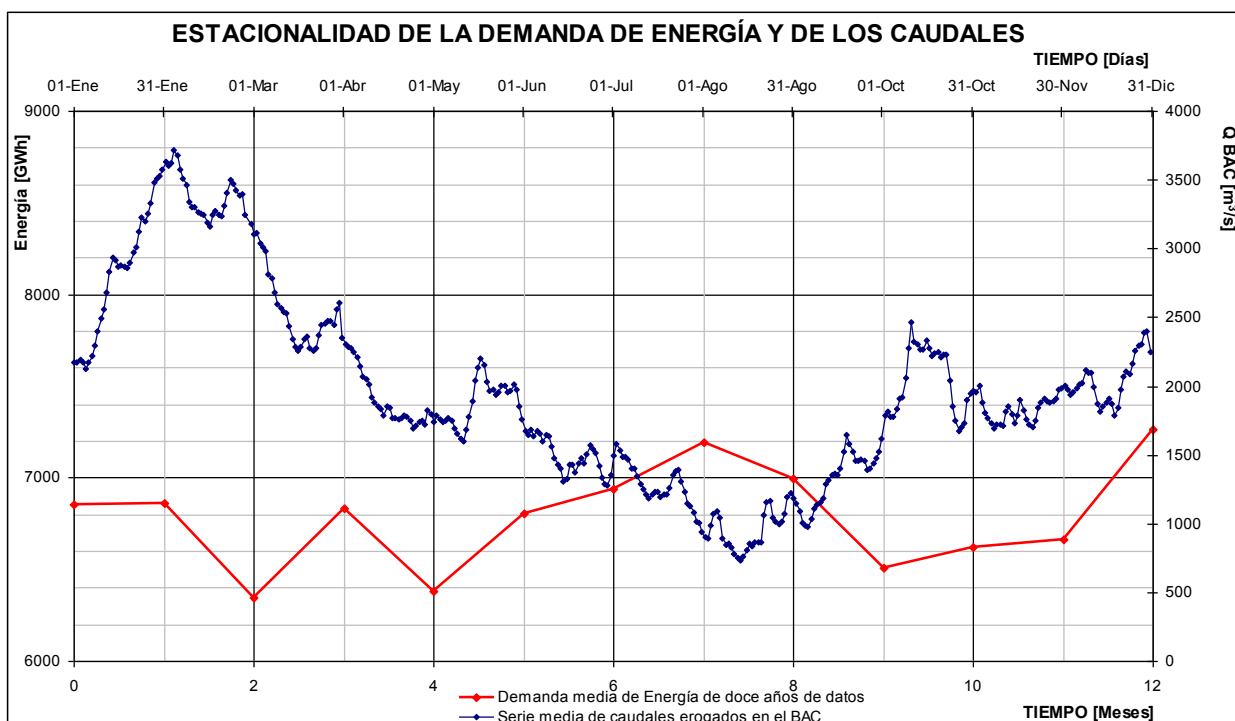


Gráfico Nº 3

## 2.- PROPUESTA DE SELECCIÓN DE LOS CAUDAL MÍNIMOS GARANTIZADOS ESTACIONALES.

A partir de la formulación del concepto de *pulso de inundación* para explicar la dinámica de los ríos de llanura con planicie aluvial (Junk, 1989), se profundizaron diferentes aspectos de la particularidad de su aplicación a casos específicos. El concepto original, que pusiera el acento en la interacción río - planicie para explicar los complejos procesos de intercambio de materia y energía, fue ampliado con un enfoque práctico que busca correlacionar los atributos hidrológicos de la variabilidad natural de los pulsos (frecuencia, amplitud, estacionalidad, recurrencia), con indicadores ecológicos.

En la última década, experiencias como la de Lipkin R. y Galat D, 2000 en el Missisipi y otras, han rescatado esta base conceptual de la dinámica natural de los ríos como herramienta para proponer formas de manejo. Esta se apoya en el concepto acuñado como *paradigma del régimen natural* (Poff et al. 1997), que establece que *el régimen natural de virtualmente todos los ríos es inherentemente variable y esta variabilidad es crítica para las funciones del ecosistema y para la biodiversidad nativa*.

Las variables descriptivas de la dinámica de los ríos son: frecuencia, amplitud, estacionalidad duración y recurrencia. Estas componentes tienen cada una su influencia, manteniendo esta diversidad funcional e interconectividad que posibilita la diversidad de hábitats y de especies. Aún cuando no se trate de casos de restauración, **el criterio básico es crear hidrogramas que contengan datos claves de la variabilidad estacional e interanual**, aunque obviamente el problema surge a partir de sustraer caudales cuyo volumen impacta en la duración de los

caudales. En el caso del BAC el patrón de variabilidad estacional seleccionado se adopta a partir del conocimiento y análisis de la variabilidad natural histórica.

El término “régimen de caudales” comprende la estacionalidad y la periodicidad de diversos tipos de caudales, cada uno de los cuales tiene una función en el resguardo de la integridad ecológica del sistema: los caudales de subsistencia (mínimos), los de base, los pulsos de crecida y los caudales de desborde, todos de alguna manera tienen relaciones funcionales con los ecosistemas asociados al río. Si bien esta relación funcional ha sido estudiada en profundidad para diversos ríos con planicie de inundación, y en el Paraná mismo, no es posible anticipar en qué medida – en términos cuantitativos – estos procesos estarán efectivamente determinados exclusivamente por el régimen de caudales para el caso que nos ocupa. Factores locales, de tipo climático o de intervención de origen antropogénico (la pesca, la incorporación de agentes contaminantes, el uso no planificado de la planicie u otros) pueden imponerse como forzantes de los procesos ecológicos, independientemente del régimen de caudales seleccionado para el manejo y de lo fundadas que sean las hipótesis planteadas.

### **3.- CAUDAL MÍNIMO GARANTIZADO ESTACIONAL (CMGE)**

En esta propuesta se consideró adecuada la variabilidad estacional correspondiente a la serie anual de caudales medios diarios históricos de duración 50%, al que se define como Caudal Mínimo Garantizado Estacional (CMGE). El escenario de CMGE, con menor caudal absoluto a proveer al BAC se define como aquel que tiene como propósito:

*“Mantener la variabilidad seleccionada pero igualando el valor mínimo absoluto a su correspondiente de la serie histórica”.*

El escenario de CMGE, con mayor caudal absoluto a proveer al BAC se define como aquel que tiene como propósito:

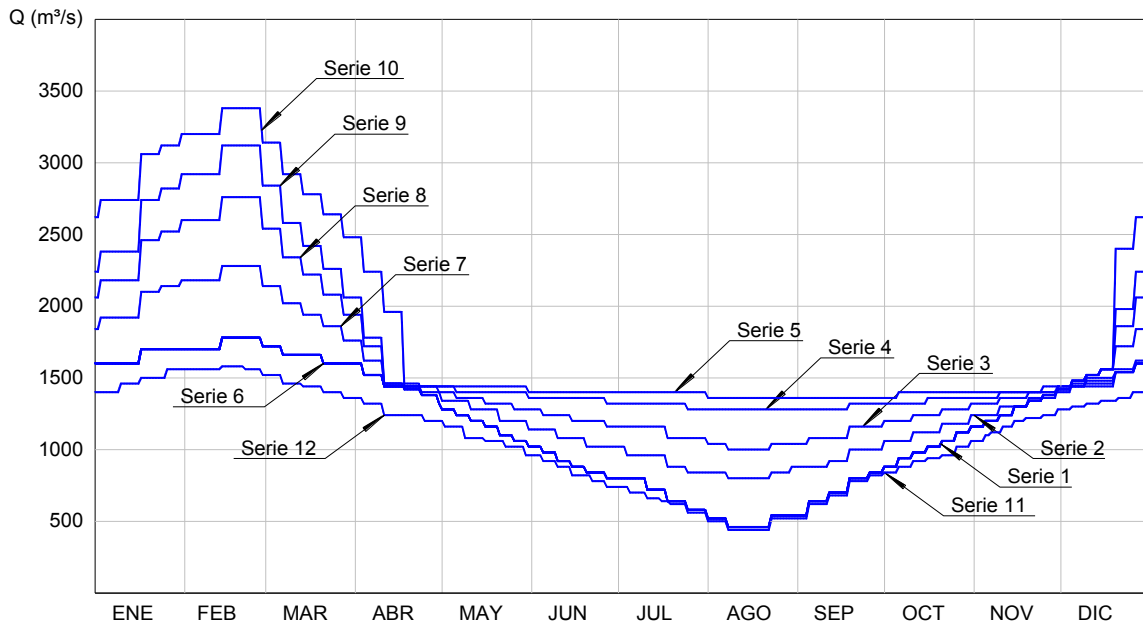
*“Mantener la variabilidad seleccionada e incrementar el caudal hasta que se produzca una reducción significativa de la energía del BP”.*

Ambos aspectos definen la zona ó sub área para seleccionar el caudal mínimo del BAC, en un periodo o día determinado.

El escenario de CMGE, con mayor caudal absoluto a proveer al BAC se analizó profundizando el conocimiento hidrológico de la serie hidrológica del Paraná utilizando el período 1971 - 2006, de manera que permita justificar la derivación de caudales al BAC, en virtud de reducciones de energía cuantificables en el BP. Para este análisis se realizó una clasificación de los valores medios de los caudales estacionales, abarcando dos períodos claramente diferenciados, tanto para las características hidrológicas, como para las características del mercado energético. Estos periodos abarcan las aguas altas (período de verano del ciclo energético Noviembre-Abril) y agua bajas (período de invierno ciclo energético Mayo-October), y referenciado al valor medio del ciclo 1971 – 2006 de los mismos meses.

Se consideraron doce curvas de erogación para el BAC, todas manteniendo la variabilidad adoptada, cambiando su valor medio y la amplitud. Las curvas que se definieron se muestran en el Grafico Nº 4, identificadas como S1, S2, S3, S4, S5, y S11, las que definen las variaciones correspondientes al periodo de aguas bajas, y S6, S7, S8, S9, S10 y S12 las correspondientes al periodo de aguas altas.

Ambas permiten evaluar el comportamiento de la energía cedida por la central del Brazo Principal a través de los caudales derivados al BAC.



*Grafico Nº 4: Series de Caudales Mínimos Garantizados Estacionales*

El resultado de este análisis pone en evidencia la posibilidad de seleccionar la curva a utilizar según las características del ciclo en los periodos de aguas altas y de aguas bajas. Esto permite vincular la recurrencia natural del comportamiento hidrológico con el manejo que se propone realizar, cuantificando la energía “cedida” por la central del BP con el propósito de atender requerimientos ambientales. Visto de otra manera, permite asociar cada modalidad de manejo con una recurrencia o probabilidad de ocurrencia de los caudales, lo cual permite cumplir con la consigna de “variación interanual”.

Mediante un modelo matemático de simulación de embalse con las consignas de operación dispuestas en la Central Hidroeléctrica y operando una segunda descarga en el BAC según el manejo de agua propuesto, se evaluó la energía generada, con la disponibilidad de 20 turbinas.

Para poder sintetizar la información de todas las corridas de modelo matemático se han elaborado gráficos que permiten apreciar con claridad la consigna de operación más conveniente, tomando como dato de entrada el caudal entrante al embalse, según el periodo del año y de la pérdida de generación admitida en la central Yacretá, instaladas en el Brazo Principal.

Para ello, en primer lugar, se realizó un análisis estadístico de la serie histórica del río Paraná, en la sección Posadas-Encarnación (periodo 1971-2006), del que surgieron los valores medios de

caudales para períodos de aguas altas (AA, indicado como período de verano) y períodos de aguas bajas (AB, indicado como períodos de invierno). El período de aguas altas está comprendido entre los meses de noviembre a abril y el de aguas bajas de mayo a octubre. Los valores medios de éstos son considerados “caudales de referencia”.

$Q_{\text{medio Aguas Altas (noviembre-abril)}} = 15.211 \text{ m}^3/\text{s}$  (Período 1971-2006)

$Q_{\text{medio Aguas Baja (mayo-octubre)}} = 13.413 \text{ m}^3/\text{s}$  (Período 1971-2006)

La modelación del embalse se realizó en el período 1971 – 2006. Para cada uno de estos años se calculó el caudal medio de los períodos de AA y de AB, expresándolos luego como desvío porcentual respecto de la media histórica para el correspondiente período en análisis.

$$\%Q_{\text{promedio\_AA}} = \frac{Q_{\text{medio\_AA\_año\_i}} - Q_{\text{medio\_AA}}}{Q_{\text{medio\_AA}}}$$

$$\%Q_{\text{promedio\_AB}} = \frac{Q_{\text{medio\_AB\_año\_i}} - Q_{\text{medio\_AB}}}{Q_{\text{medio\_AB}}}$$

Donde:

*AA: Período de Aguas Altas*

*AB: Período de Aguas Bajas*

La media histórica del río Paraná en aguas altas es, como se indicó anteriormente,  $15.211 \text{ m}^3/\text{s}$ . La media del año 1971 en aguas altas es  $10.655 \text{ m}^3/\text{s}$ . El desvío resulta entonces  $-4555 \text{ m}^3/\text{s}$ , ó  $-29.9 \%$  expresado como porcentaje de la media histórica.

La modelación del complejo Yacyretá permite calcular la energía total generada en el Brazo Principal (BP) en los períodos de aguas altas y bajas para cada año de la serie y para la consigna de operación de referencia, que es:

“Caudal mínimo garantizado de forma constante al BAC =  $0 \text{ m}^3/\text{s}$  “

Los valores de energía, así calculados para cada año y período (aguas altas o bajas), son los valores de energía de referencia. El interés de comparar respecto de esta condición es que representa una situación extrema, en la cual la central Yacyretá tendría prioridad total, estando el resto de los usos, en particular el BAC, subordinado a la disponibilidad de caudales sobrantes de la central hidroeléctrica y por ende la generación sobre el brazo principal es máxima.

A partir de estos valores iniciales, se vuelve a modelar el complejo para el mismo período, pero esta vez la consigna impuesta es un CMGE dado por las series  $S_6$  a  $S_{11}$ , para el período de AA y  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$ ,  $S_5$  y  $S_{12}$  para el de AB. Así se obtienen los valores de energía generada en el BP en ambos períodos y para cada una de las series propuestas. El resultado se expresa como la pérdida de energía referida a los valores de energía máxima de referencia. Luego dicha pérdida también es expresada como porcentaje.



$$\% \Delta E_{\text{perdida\_BP\_AA}} = \frac{E_{\text{gen\_AA\_año\_i\_}(Consigna\_referencia)} - E_{\text{gen\_AA\_año\_i\_}(Serie\_i)}}{Q_{\text{gen\_AA\_año\_i\_}(Consigna\_referencia)}}$$

$$\% \Delta E_{\text{perdida\_BP\_AB}} = \frac{E_{\text{gen\_AB\_año\_i\_}(Consigna\_referencia)} - E_{\text{gen\_AB\_año\_i\_}(Serie\_i)}}{Q_{\text{gen\_AB\_año\_i\_}(Consigna\_referencia)}}$$

Generalizando las corridas a todas las series propuestas, para los períodos de AA (o verano), y representando la energía cedida en porcentaje, se obtiene el conjunto de curvas que se muestran en el Grafico Nº 5.

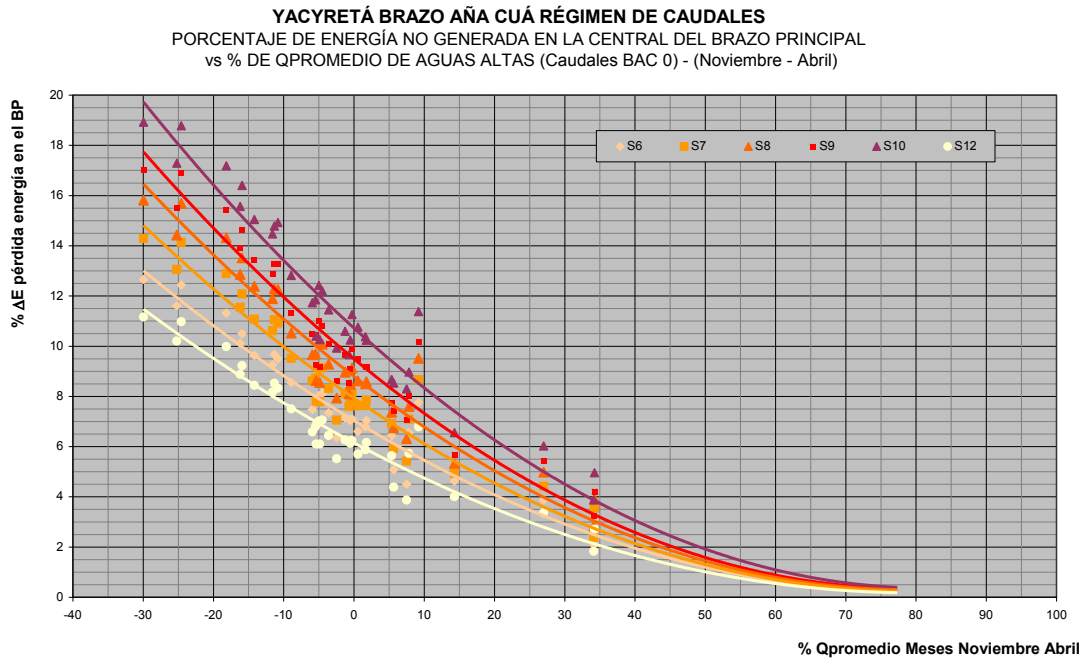


Grafico Nº 5: Curvas de energía cedida en los períodos de AA

De igual manera, generalizando las corridas a todas las series propuestas, para el período de AB (o invierno), y representando la energía cedida en porcentajes, se obtiene el conjunto de curvas que se muestran en el Grafico Nº 6.

Si se consideran períodos de tiempo menores, como puede ser mensuales, se tendrían en vez de dos gráficos como el Grafico Nº 5 y Grafico Nº 6, doce gráficos cada uno correspondiente a un mes. El manejo de caudales propuesto para un mes dado parte de considerar como datos los caudales del río Paraná del mes anterior.

**YACYRETÁ BRAZO AÑA CUÁ RÉGIMEN DE CAUDALES**  
 PORCENTAJE DE ENERGÍA NO GENERADA EN LA CENTRAL DEL BRAZO PRINCIPAL  
 vs % DE QPROMEDIO DE AGUAS BAJAS (Caudales BAC 0) - (Mayo - Octubre)

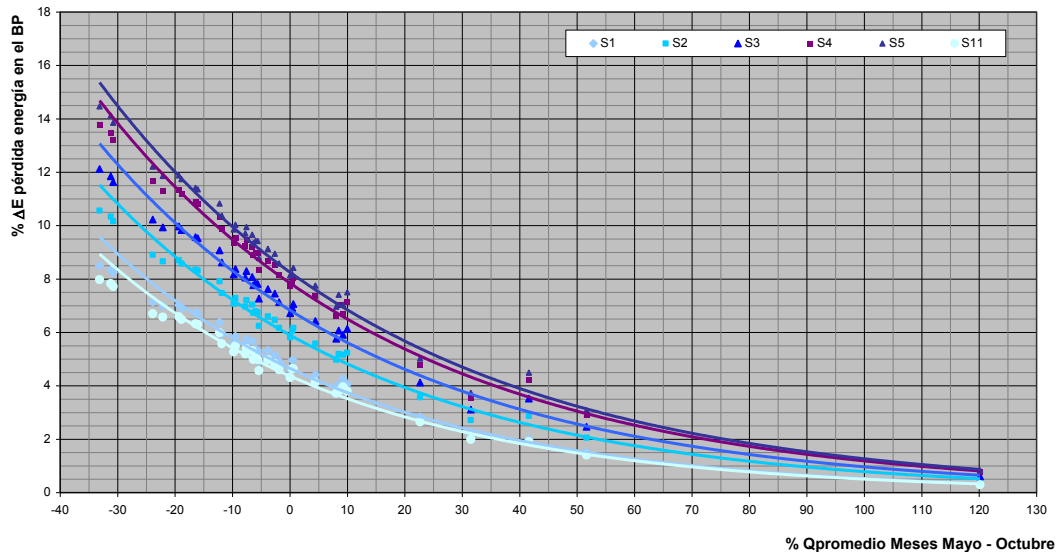


Gráfico No 6: Curvas de energía cedida en los periodos de AB

Por ejemplo, si se pretende determinar la serie a erogar del mes de febrero se utiliza la curva de enero, que se presenta en el Gráfico No 8. Ingresando con un porcentaje de energía cedida del 4 %, se obtiene la intersección con la curva inferior, S12. La recta de 4%, corta a la curva S12 para un desvío en el caudal del 4,01%. Quiere decir que si el caudal medio del mes anterior, enero, es menor al correspondiente al desvío del 4,01%, erogará una serie de caudal correspondiente a la curva S12 como CMGE (Gráfico No 7), quedando así definida una **ZONA A** (Gráfico No 8).

**YACYRETÁ BRAZO AÑA CUÁ RÉGIMEN DE CAUDALES**  
 CAUDALES MÍNIMOS GARANTIZADOS ESTACIONALMENTE (CMGE)  
 EN EL BRAZO AÑA CUA

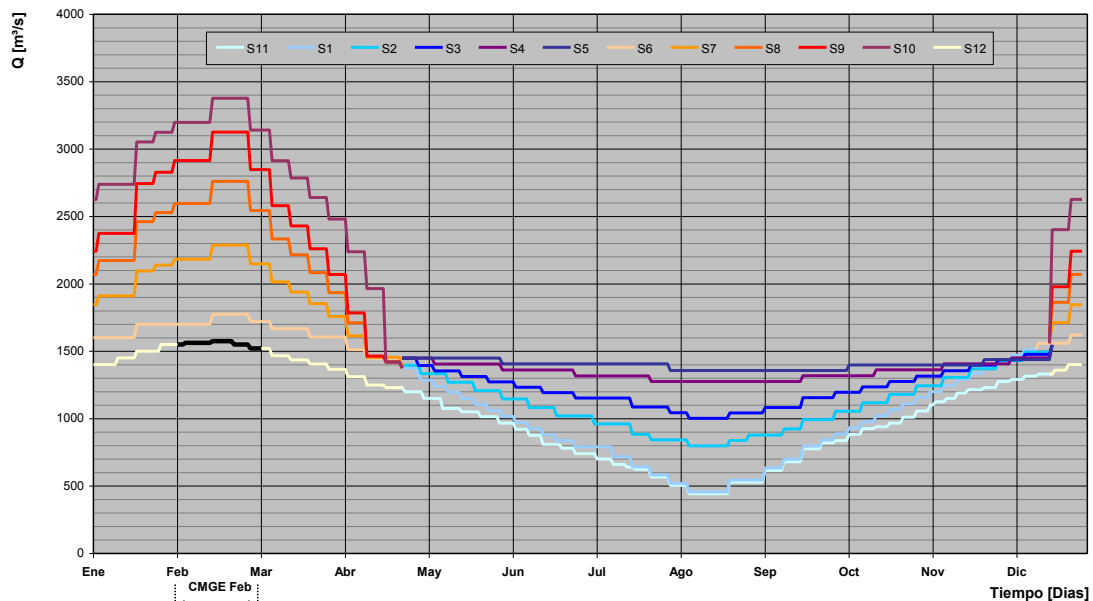
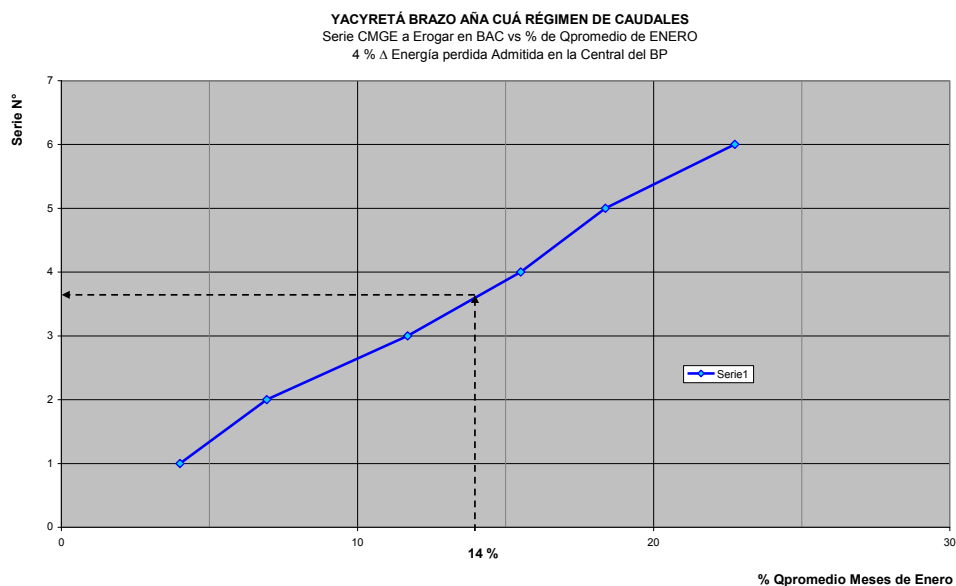
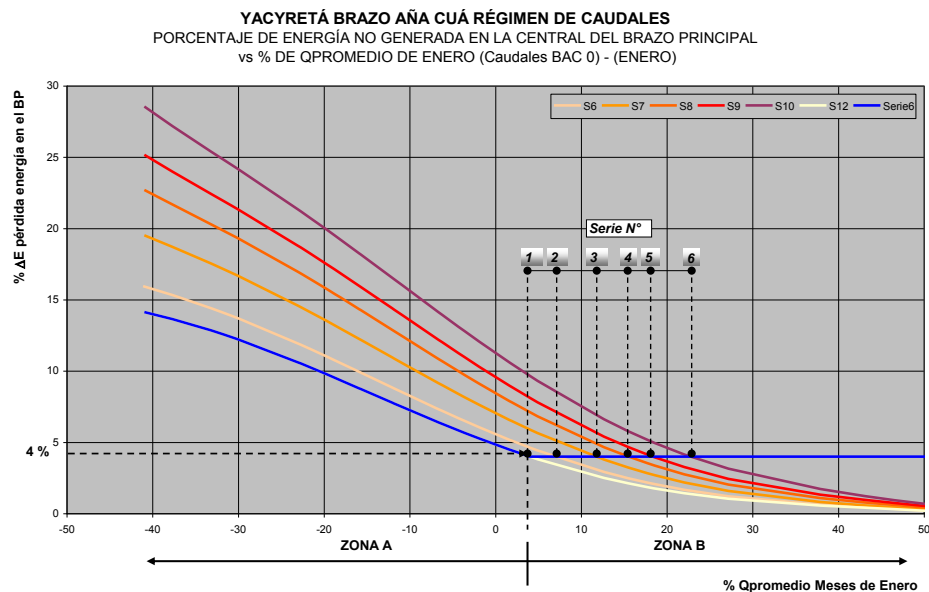


Gráfico No 7: Curvas de energía cedida en los periodos de AB

Mientras que si el caudal del mes de enero es mayor que el correspondiente al desvío del 4,01%, se seleccionará una curva por encima de la S12, como CMGE, quedando así definida una **ZONA B**. Para este ultimo caso se construyeron las curvas de Serie N° versus %Qpromedio para cada mes. Estas curvas se obtienen con la intersección de la recta correspondiente al % de pérdida de energía admitida con las series Si, y permiten identificar entre que curvas S se encuentra el porcentaje de caudal, y además interpolar sobre las dos más próximas. Gráfico N° 9.

Si el porcentaje respecto del medio de enero es, por ejemplo, el 14 % la serie a erogar el mes entrante, febrero, se corresponde a una serie proporcional entre la Serie N° 3 y 4, que son, respectivamente, las series S7 y S8, ver gráficos N° 8 y 9. De esta manera queda definido el CMGE del mes de febrero como se observa en el Gráfico N° 10.



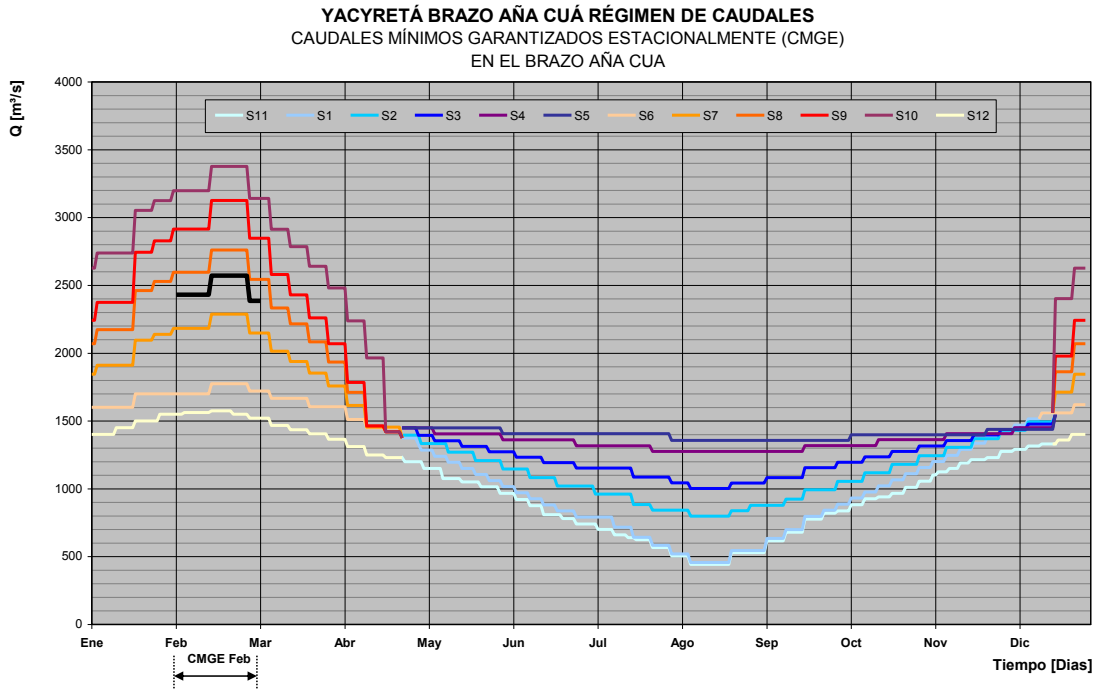


Gráfico Nº 10

La condición de operación de CMGE, indica el mínimo caudal que se adopta para un brazo que no genera energía y permite mantener condiciones de integridad ambiental, luego si los caudales ingresantes al embalse ya han saturado las turbinas, los excedentes se vuelven a derivar al BAC. Estos caudales definidos como excedentes normales no causan perjuicio económico, por el contrario derivados al BAC, permiten aumentar el salto útil de la central en el BP. Estos valores cuando superan los caudales de desborde, generan los caudales de crecidas que temporalmente ocupan la planicie de inundación del río cumpliendo las funciones de vinculación entre río y planicie. Estos caudales fueron limitados en 8000 m<sup>3</sup>/s, evitando otros daños que causan caudales mayores, los que eventualmente ocurren en crecidas extremas.

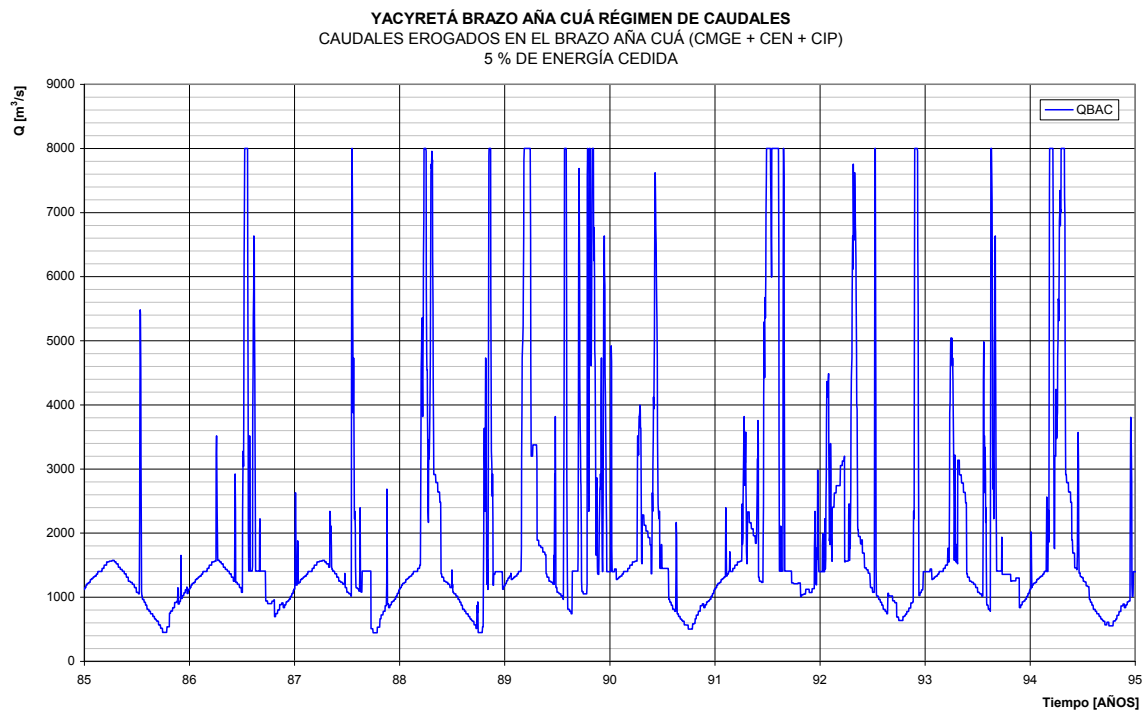


Grafico Nº 11

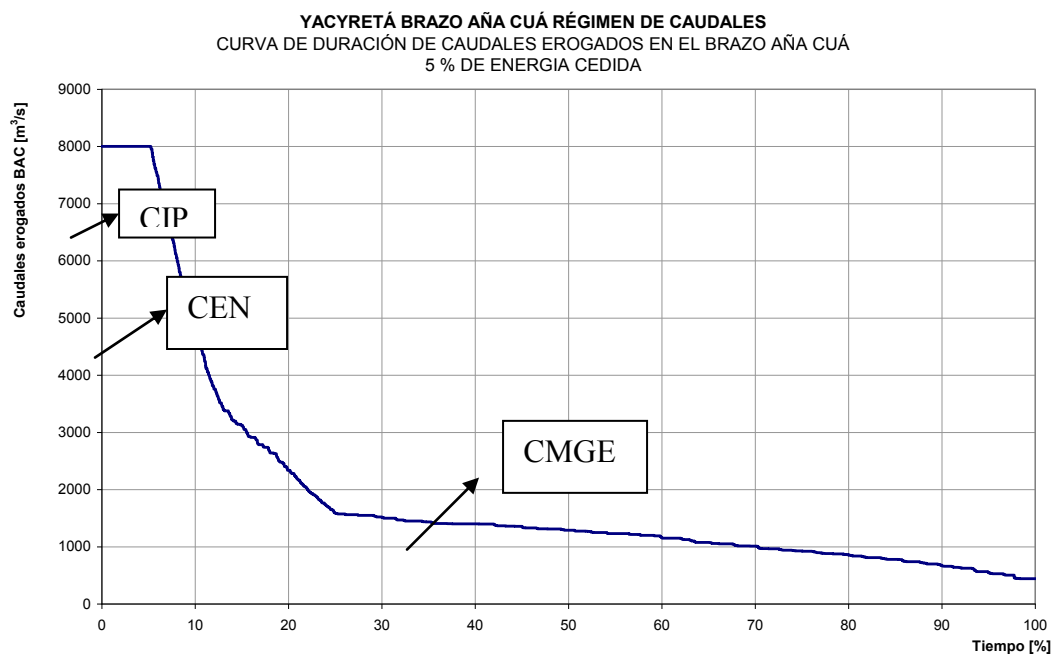


Grafico Nº 12: Curvas de energía cedida en los períodos de AB

#### 4.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La metodología descrita en este informe constituye un marco de manejo que se considera el más racional en el contexto de las opciones posibles, capaz de ser ajustado a partir de un programa de monitoreo planificado *ad-hoc*.

La hidrología ha sido el foco de atención del estudio, en el entendimiento de cual es la variable crítica o, tal como sugieren Poff et, al. (1997), la “variable maestra” del problema de los regímenes de caudales ambientales, dado que tanto la componente biológica, como los procesos físicos y la calidad del agua se relacionan directamente con ella.

Asociadas a la hidrología se encuentran tanto las funciones hidráulicas que caracterizan el escurrimiento en el tramo, como muchas de las variables indicativas de la calidad del agua, del mantenimiento y procesos de formación de las riberas, de los cauces, de la conexión con la planicie de inundación y de la diversidad de hábitat físico para especies acuáticas.

Por lo tanto, en el marco de este criterio de manejo propuesto, es necesario avanzar en una etapa de análisis y verificación de las relaciones causales entre la hidrología y los procesos ecológicos, que han sido planteados a nivel de modelo conceptual. El plan de monitoreo debe permitir realizar un seguimiento de variables que den cuenta de los siguientes aspectos:

- 1) Dinámica del escurrimiento que afecta la conectividad con la planicie.
- 2) Influencia de los caudales mínimos y su permanencia, sobre la calidad del agua y del hábitat disponible, especialmente en ambientes seleccionados por su importancia para la integridad ecológica del BAC.
- 3) Identificación y seguimiento de factores no asociados al régimen de caudales que puedan ser determinantes de los procesos ecológicos.

Los resultados obtenidos muestran que operando de esta manera se incrementa levemente la energía total, respecto de la operación del BAC con caudales constantes, y además genera una estacionalidad en la generación de energía que es favorable respecto a las máximas demandas y la mínima disponibilidad de combustibles fósiles.

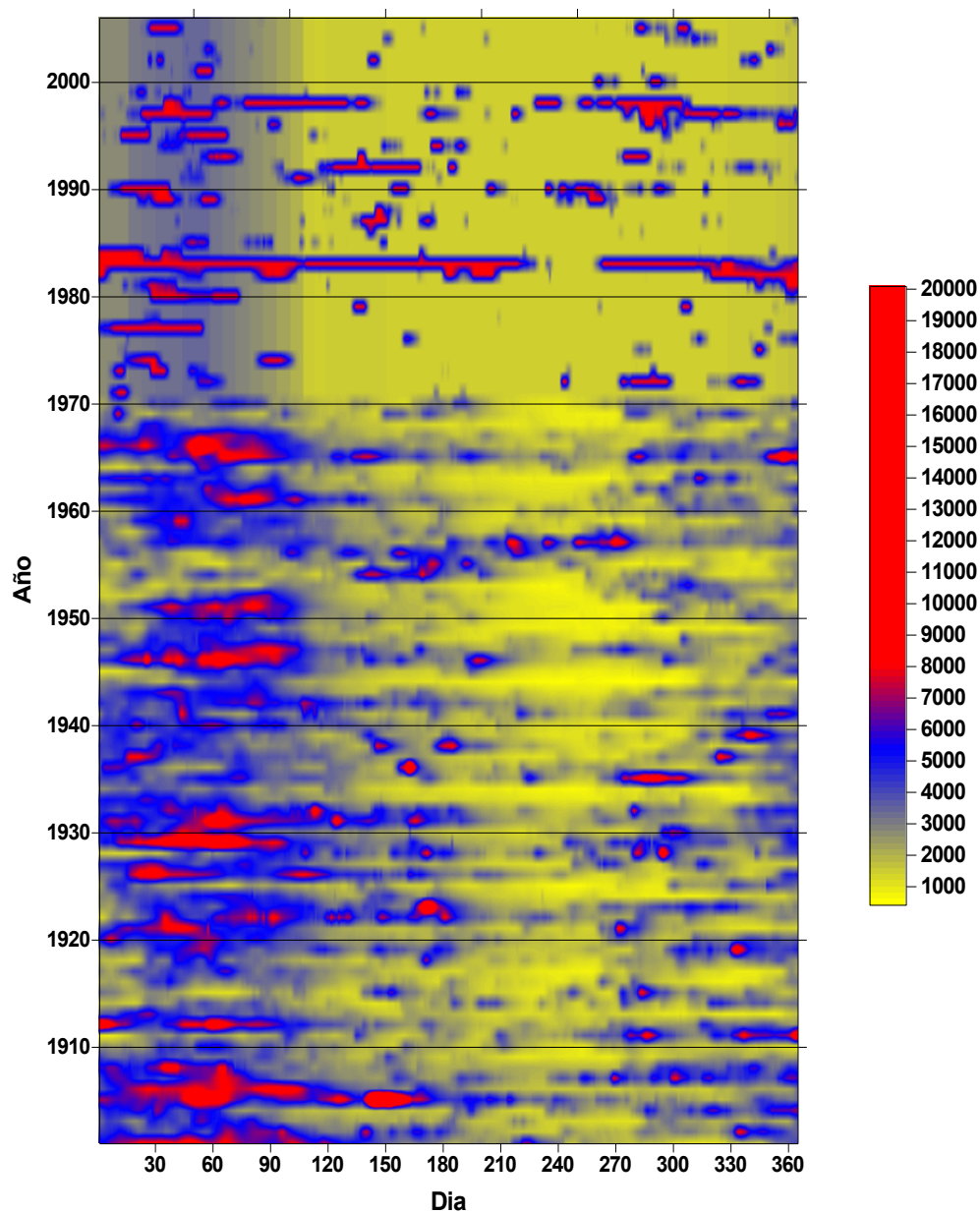


Grafico № 13

El grafico siguiente muestra la variabilidad del caudal del BAC hasta la entrada en operación de la central y a partir del año 1971, cómo hubiera sido el régimen de caudales, apreciando la variabilidad estacional e interanual.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Galat D., Lipkin R., 2000: Restoring ecological integrity of rivers: historical hydrographs aid in defining reference conditions for the Missouri River. *Hydrobiologia* 422/423:29-48.

Goldstein, R., Simon, 1999: Towards a united definition of guild structure for feeding ecology of North American freshwater fishes. In Simon, T. P. (ed.), *Assessing the Sustainability and Biological Integrity of Water Resources Using Fish Communities*. CRC Press, Boca Raton: 123–202.

Junk, W., Bayley B., Spaks R., 1989: The flood–pulse concept in river floodplain systems. *Proceedings of the International Large River Symposium (LARS)*, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences Special Publication 106.

Ritcher B., Baumgartner J., Powell J., Braun D., 1996: A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. *Conservation Biology* 10:12.